

# Time division duplex synchronous code partition multi-address radio communication system

Bibliographic data	Original document	INPADOC legal status
<b>Publication number:</b> CN1165458 (A)		<b>Also published as:</b>
<b>Publication date:</b> 1997-11-19		CN1053313 (C)
<b>Inventor(s):</b> LIU HUI [CN]; XU GUANGHAN [CN]; CHEN WEI [CN]		
<b>Applicant(s):</b> XINWEI COMMUNICATION TECHNOLOGY [CN]		
<b>Classification:</b>		
- <b>international:</b> H04Q7/00; H04Q7/20; H04Q7/00; H04Q7/20; (IPC1-7): H04Q7/00; H04Q7/20		
- <b>European:</b>		
<b>Application number:</b> CN19971004039 19970421		
<b>Priority number(s):</b> CN19971004039 19970421		
<a href="#">View INPADOC patent family</a>		
<a href="#">View list of citing documents</a>		
<a href="#">Report a data error</a>		

## Abstract of CN 1165458 (A)

A synchronous CDMA wireless communication system with space and code division set and time-share duplex intelligent antenna for increasing capacity and quality of communication is composed of base station, more terminals and switch system. Said base station has multi-channel transceiver array, baseband processor composed of space processor, modulator and demodulator. With time-share duplex, the symmetry of up and down links is solved and shaping the up and down wave beams of antenna is realized. Cooperating with CDMA technique ensures systematic performance. The algorithm of space characteristics solves the problems such as calculation of DOA, wave beam shaping and multipath.



[19]中华人民共和国专利局

[51]Int.Cl<sup>6</sup>

H04Q 7/00

H04Q 7/20



## [12]发明专利申请公开说明书

[21]申请号 97104039.7

[43]公开日 1997年11月19日

[11]公开号 CN 1165458A

[22]申请日 97.4.21

[74]专利代理机构 邮电部专利服务中心

[71]申请人 北京信威通信技术有限公司

代理人 王丽琴

地址 100083北京市学院路40号

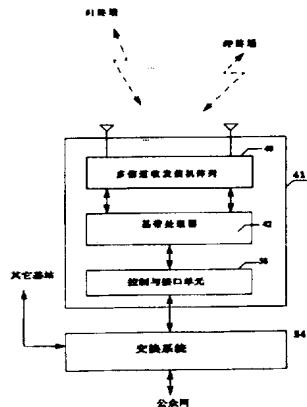
[72]发明人 刘 辉 徐广涵 陈 卫 李世鹤

权利要求书 5 页 说明书 14 页 附图页数 12 页

[54]发明名称 具有智能天线的时分双工同步码分多址  
无线通信系统

### [57]摘要

本发明涉及一种为增加无线通信系统容量与质量、同时使用空间和码分集、具有时分双工智能天线的同步码分多址无线通信系统。包括基站、多个终端和交换系统。基站内有多信道收发信机阵列，由空间处理器、调制器和解调器组成的基带处理器和控制与接口单元。时分双工解决了上下行链路的对称性，实现上下行天线波束赋形，加上同步CDMA技术，使系统性能得以保证。空间特性的算法同时解决了DOA的计算、波束赋形及多径等问题。



## 权 利 要 求 书

---

1、一种具有智能天线的时分双工同步码分多址无线通信系统，包括基站、远离基站的 1 至 P 个远区终端，和与基站及公众网连接的交换系统，基站内包括有多信道收发信机阵列、与多信道收发信机阵列连接的基带处理器和与基带处理器连接的控制与接口单元，控制与接口单元与交换系统连接，其特征在于：

所述的多信道收发信机阵列由一个以上的天线及一个以上的收发信机组成，用于在第 1 个时隙接收来自 1 至 P 个远区终端的多信道上行同步码分多址信号和在第 2 个时隙向 1 至 P 个远区终端发射多信道下行同步码分多址信号；

所述的基带处理器包括对 1 至 P 个终端的多信道上行同步码分多址信号进行空间特性估值并在该空间特性估值基础上计算上行和下行波束赋形矩阵的空间处理器，用于产生多信道下行同步码分多址信号以向 1 至 P 个终端发射消息的调制器，和由 1 至 P 个终端的多信道上行同步码分多址信号的组合确定上行消息的解调器；

多信道收发信机阵列分别与解调器、空间处理器及调制器连接，空间处理器分别与调制器及解调器连接，解调器及调制器分别与所述的控制与接口单元连接。

2、一种具有智能天线的时分双工同步码分多址无线通信系统，实现 1 个以上终端之间消息数据通信的方法包括发射和接收，其特征在于：

所述的接收是在第一时隙接收来自一个以上终端的多信道上行同步码分多址信号组合，由此多信道上行同步码分多址信号组合确定与各终端相关的空间特性估值；基于空间特性估值，计算上行和下行波束赋形矩阵；解调来自 1 个以上终端的多信道上行同步码分多址信号组合的上行消息，并使用相应上行波束赋形矩阵确定上行消息的估值；和调制多信道下行同步码分多址信号向一个以上的终端发送消息；

所述的发射是在时分双工方式下，在第二时隙向 1 个以上的终端发射多信道下行同步码分多址信号至终端。

3、根据权利要求 1 所述的具有智能天线的时分双工同步码分多址无线通信系统，其特征在于：

所述的调制器包括 1 至 P 个与远区终端数目对应的扩频器，分别与 1 至 P 个扩频器输出连接的 1-P 个下行波束赋形器，与 1 至 P 个下行波束赋形器连接的数字合路器，和与 1 至 P 个扩频器连接的 PN 码发生

器，对 1 至 P 个扩频器用 PN 码序列扩频；1 至 P 个扩频器输入接所述控制与接口单元的输出，所述空间处理器获得的 1 至 P 个下行波束赋形矩阵分别在 1 至 P 个下行波束赋形器中对 1 至 P 个扩频器输出的码片序列加重，数字合路器对 1 至 P 个波束赋形后的序列合路产生多路下行同步码分多址信号送至多信道收发信机阵列的发射机。

4、根据权利要求 1 所述的具有智能天线的时分双工同步码分多址无线通信系统，其特征在于：

所述的解调器包括 1 至 P 个解扩器，分别与 1 至 P 个解扩器输出连接的 1 至 P 个上行波束赋形器，分别与 1 至 P 个上行波束赋形器输出连接的 1 至 P 个检测器和与 1 至 P 个解扩器连接的 PN 码发生器，用 PN 码序列对每个终端的多路上行同步码分多址信号进行解扩；1 至 P 个解扩器的输入接多信道收发信机阵列的接收机，所述空间处理器的 1 至 P 个上行波束赋形器获得 1 至 P 个上行波束赋形矩阵，用相应的上行波束赋形矩阵对 1 至 P 个解扩器输出的各个终端的多信道符号序列合并，1 至 P 个检测器分别对 1 至 P 个波束赋形后的加强信号进行检测，检测出的各终端的消息数据送所述的控制与接口单元。

5、根据权利要求 1 所述的具有智能天线的时分双工同步码分多址无线通信系统，其特征在于：

所述的空间处理器包括对 1 至 P 个终端的空间特性进行估值的空间特性估值器，对 1 至 P 个终端上行功率及定时偏差信号参数进行估值的参数估值器，与参数估值输出连接、用于计算下行波束赋形矩阵的发射波束赋形控制器，和与空间特性估值器输出连接、用于计算上行波束赋形矩阵的接收波束赋形控制器；空间特性估值器输入接所述解调器的各终端多信道符号序列，参数估值器输入接所述多信道收发信机阵列的接收机，发射波束赋形控制器输出接所述的调制器，接收波束赋形控制器输出接所述的解调器，空间特性估值器与参数估值器连接互送中间计算结果及交换参数。

6、根据权利要求 1 所述的具有智能天线的时分双工同步码分多址无线通信系统，其特征在于：

所述的空间处理器，调制器和解调器由一个或一个以上的数字信号处理器及相应的存储器构成，执行各种上行和下行基带信号处理。

7、根据权利要求 3 或 4 所述的具有智能天线的时分双工同步码分多址无线通信系统，其特征在于：所述调制器的 PN 码发生器与所述解调器的 PN 码发生器是同一部件。

8、根据权利要求 2 所述的具有智能天线的时分双工同步码分多址无线通信系统，其特征在于：

所述的每个终端具有一个唯一的 PN 码序列，所述的多信道上行同步码分多址信号组合是对每个终端用相应终端的 PN 码序列解扩多信道上行同步码分多址信号组合，而获得一个多信道符号序列，多信道符号序列包括多个符号序列；所述的确定空间特性估值，包括从上述多信道符号序列中找到具有最大信号功率的一个符号序列，用找到的具有最大信号功率的符号序列对上述多信道符号序列归一化，而获得一个归一化的多信道符号序列；和计算上述归一化多信道符号序列的平均值，而获得上述空间特性估值。

9、根据权利要求 2 所述的具有智能天线的时分双工同步码分多址无线通信系统，其特征在于：

所述的确定空间特性估值包括：形成上述多信道符号序列的数据威胁方差矩阵；计算上述数据威胁方差矩阵的主本征矢量作为上述空间特性估值。

10、根据权利要求 2 所述的具有智能天线的时分双工同步码分多址无线通信系统，其特征在于：

所述的确定空间特性估值还包括：确定与每个终端相关的、包括到达方向估值在内的各个多径参数，所述到达方向估值用于对上述终端定位并支持切换。

11、根据权利要求 10 所述的具有智能天线的时分双工同步码分多址无线通信系统，其特征在于：

所述的确定空间特性估值是基于一个相应终端的空间特性估值，确定各个多径参数，确定到达方向估值。

12、根据权利要求 10 所述的具有智能天线的时分双工同步码分多址无线通信系统，其特征在于：

所述的确定空间特性估值是基于一个与相应终端相关的多信道符号序列的数据威胁方差矩阵，确定各个多径参数，确定到达方向估值。

13、根据权利要求 2 所述的具有智能天线的时分双工同步码分多址无线通信系统，其特征在于：

所述的确定空间特性估值还包括：确定一个相应于每个终端的上行功率估值，该上行功率估值用于功率控制；所述的确定上行功率估值是将发射功率确定为与相应终端相关的多信道符号序列的数据威胁方差矩阵的主本征值。

14、根据权利要求 13 所述的具有智能天线的时分双工同步码分多址无线通信系统，其特征在于：

所述的确定上行功率估值是将上行功率确定为与相应终端相关的多信道符号序列的四次平均值。

15、根据权利要求 2 所述的具有智能天线的时分双工同步码分多址无线通信系统，其特征在于：

所述的确定空间特性估值还包括：获得相应于每个终端的定时偏差估值，定时偏差估值用于同步。

16、根据权利要求 2 所述的具有智能天线的时分双工同步码分多址无线通信系统，其特征在于：

所述的确定空间特性估值还包括：确定与每个终端相关的、包括到达方向估值在内的各个多径参数，到达方向估值用于支持切换；获得与每个终端相关的定时偏差估值，定时偏差估值用于同步；合并上述到达方向估值和上述定时偏差估值所提供的距离信息，确定相应终端的地理位置。

17、根据权利要求 2 所述的具有智能天线的时分双工同步码分多址无线通信系统，其特征在于：

所述的上行波束赋形是对一个相应终端获得增强信号，上行波束赋形操作是使用各个终端的接收波束赋形矩阵来合并所述的多信道符号序列，以及由上述增强信号确定上述相应终端发射的消息数据，和用码、空间分集抑制接收信号中的干扰及噪声。

18、根据权利要求 2 所述的具有智能天线的时分双工同步码分多址无线通信系统，其特征在于：

所述的调制包括：对每个终端产生 PN 码，该产生是对每个终端用一个相应的 PN 码产生该终端的同步码分多址信号；对每个终端的消息信号扩频；对每个终端进行下行波束赋形，形成波束赋形的同步码分多址信号；将波束赋形的同步码分多址信号合并而形成多信道下行同步码分多址信号；用码、空间分集抑制发射信号中的干扰及噪声。

19、根据权利要求 2 所述的具有智能天线的时分双工同步码分多址无线通信系统，其特征在于：

所述的至少一个终端，与其相关的上行波束赋形矩阵与该终端的空间特性估值相同。

20、根据权利要求 2 所述的具有智能天线的时分双工同步码分多址无线通信系统，其特征在于：

所述的至少一个终端，其上行波束赋形矩阵是基于每个终端的空间特性估值构成的，使上述终端的信号对干扰和噪声之比达到最大和误码率达到最小。

21、根据权利要求 2 所述的具有智能天线的时分双工同步码分多址无线通信系统，其特征在于：

所述的至少一个终端，与其相关的下行波束赋形矩阵与该终端的空间特性估值相同。

22、根据权利要求 2 所述的具有智能天线的时分双工同步码分多址无线通信系统，其特征在于：

所述的至少一个终端，其下行波束赋形矩阵是基于每个终端的空间特性估值构成的，使上述终端的信号对干扰和噪声之比达到最大和误码率达到最小。

23、根据权利要求 2 所述的具有智能天线的时分双工同步码分多址无线通信系统，其特征在于：

所述的方法还包括：校准多信道收发信机阵列，纠正多信道收发信机的不平衡；校准多信道收发信机中的接收电路是在确定空间特性估值之前进行；校准多信道收发信机中的发射电路是在发射多信道下行同步码分多址信号之前进行。

# 说 明 书

---

## 具有智能天线的时分双工同步码分多址无线通信系统

本发明涉及一种无线通信系统，更确切地说是涉及一种具有天线阵的扩频码分多址通信系统。

未来无线通信系统的基础结构将包括高速数字通信网、各种基站以及大量的、多种型式的和复杂的移动终端，并实现无缝隙的覆盖。考察一个移动无线通信系统，不仅要看它的容量及性能，还应强调其抗衰落及抗干扰的能力、系统的灵活性以及快速接入的能力等。对新近提出的通信技术还提出了更高的性能要求，即对个人通信系统（PCS）的适应能力。

在个人通信及无线通信系统中，一个中心基站要与许多个远距离终端通信，实现多个终端同时接入的常规方法是采用频分多址（FDMA）及时分多址（TDMA），其基本概念是将资源分成多个频率或时隙，供多个终端分别使用而不会相互干扰。码分多址（CDMA）不同于时分多址与频分多址，它允许多个用户同频且同时使用脉码调制实现多址，此外，在频谱效率及抗干扰等方面，CDMA 也显示出其优势，特别是移动环境下用于动态业务分配的无线通信条件下。由于这些内在优势，CDMA 被看作下一代无线通信中信号处理的主要技术。

现有商用 CDMA 技术，如 Qualcomm 公司开发出的 IS-95 标准，仍存在不少实际问题，其中最主要的问题是需要对用户终端发射功率进行严格地、准确地和快速地控制。虽然同步 CDMA 技术可以解决该问题，但却又引入了一个新的问题——同步问题。

众所周知，在一个给定的、固定的频率位置按一个确定的速率进行通信时，总有一个能实现通信的信道数的极限，因而上述技术仅能将通信系统容量及性能提高到一定程度，要超过此极限则必须增加其他资源。空间分集是增加系统容量与特性的最新发展技术，理论上分析只要正确地使用一组天线，所形成的新的自由度和空间，就能极大地增加系统容量。此外还有降低功耗、增加抗衰落和干扰的能力，更有效地切换以及更好的安全性。虽然使用了自适应天线阵的无线通信系统前景看好，但在实际使用中还有不少现实问题，其中最主要的问题是受现有无线通信标准的限制，使得在一般情况下，此先进的天线阵技术还不能集成到现有系统中。

为了增加容量和提高性能，实现空间分集的一种直接方法是使用定向天线，将无线通信系统的覆盖区域分为扇区，如美国专利 U.S4955082(1989.1, 移动通信系统)、美国专利 U.S4989204(1989.12, 数字

移动站在通话期间通过小区时的高通过量通信的方法和系统)及美国专利 U.S4128740(1977.12,蜂窝射频通信系统的天线阵列)等都作了大量的研究。分扇区虽然简单，但可能分的扇区的数目有限，而且，将带来处理变化业务分布方面的困难，其结果是：分扇区仅有限地增加了容量，但却付出了更多切换及系统复杂性方面的代价。

为适应移动通信时变特性，很多人研究自适应天线阵技术，如美国专利 U.S4599734(1985.4,多向时分复用通信的空间分集通信系统)、美国专利 U.S5507035(1993.4,在移动 / 室内蜂窝无线通信中的分集发送)和美国专利 U.S5437055(1995.7,室内微小区内通信系统中多路分集的天线系统)，其中最有效的方式是空分多址 (SDMA)，它允许多个终端通过不同的空间信道来共享同一个常规信道 (频率、时间)，因而不需要增加频率就可倍增系统容量。SDMA 的主要内容包括空间参数的估值、下行链路 (基站至远区终端) 的空间合路以及上行链路 (远区终端至基站) 的空间分路。由于大多数现有无线通信系统采用频分双工 (FDD) 方式，即上行与下行链路采用不同的载频 (如 AMPS、IS-54、GSM 等)，由基本物理原理确定其上行与下行链路的空间特性是完全不同的。而且大多数 SDMA 情况下，空间运算都是基于来自终端的到达方向 (DOA) 信息，更重要的是通过分离不同方向上的同信道信号来实现空间复接与分接。

现代 SDMA 技术的实际问题中最主要的问题包括：(1) 上、下行无线信道的不对称性；(2) 对 DOA 和其他空间参数估值的算法；(3) 对校准系统硬件的严格要求；(4) 在移动和硬软件不理想时的性能恶化。对上述第一个问题，可通过时分双工 (TDD) 系统如 CT-2、DECT 等来解决，在此类系统中，上行与下行链路工作于同一频率、故具有相同的传播特性。在此情况下，一个终端的空间特性，即天线阵对来自此终端的发射信号的反应，就可在下行链路中使用，而不再要求获得各个多径参数。即使后面几个重要问题还没有解决，此上、下行链路的对称性就已经决定了 SDMA 在无线通信特别是在移动通信网中的应用前景。但上述问题并不是天线阵自身的问题，而是要在现有的无线通信标准条件下采用空间分集所造成的，在此条件下，空间分集是很不稳定的，不可能为通信提供可靠的信道，在现有通信系统中加上智能天线仅略为改善了系统性能，以上情况表明，要充分使用空间这个自由度还必须作出特别设计，将包括智能天线在内的最新技术设计到一个全新的系统中。

本发明的目的是设计一种具有智能天线的码分多址无线通信系统，将智能天线阵与同步 CDMA 及时分双工 (TDD) 等技术集成在一起，称为

智能天线 CDMA (SA--CDMA)，同时使用空间和码分集，达到多个远区终端与一个基站间的高性能通信，又不影响系统的灵活性及增加系统的复杂性，改善无线通信质量和增加容量。

众所周知，无线通信系统设计的四大要素为灵活性、质量、容量及复杂程度。本发明作为一个新系统，SA--CDMA 满足所有条件，既具有传统的天线阵系统的优势，又可避免现有系统在动态移动环境下的硬件复杂、运行计算量极大等方面的问题。

一个 SA--CDMA 系统与传统的无线通信系统类似，由无线交换系统（移动交换机、网管设备及基站控制器）、无线基站和用户终端设备组成。本发明的核心是使用 SA--CDMA 技术的无线基站。

本发明的具有智能天线的时分双工同步码分多址无线通信系统，包括基站、远离基站的 1 至 P 个远区终端，和与基站及公众网连接的交换系统，基站内包括有多信道收发信机阵列、与多信道收发信机阵列连接的基带处理器和与基带处理器连接的控制与接口单元，控制与接口单元与交换系统连接，其特征在于：

所述的多信道收发信机阵列由一个以上的天线及一个以上的收发信机组成，用于在第 1 个时隙接收来自 1 至 P 个远区终端的多信道上行同步码分多址信号和在第 2 个时隙向 1 至 P 个远区终端发射多信道下行同步码分多址信号；

所述的基带处理器包括对 1 至 P 个终端的多信道上行同步码分多址信号进行空间特性估值并在该空间特性估值基础上计算上行和下行波束赋形矩阵的空间处理器，用于产生多信道下行同步码分多址信号以向 1 至 P 个终端发射消息的调制器，和由 1 至 P 个终端的多信道上行同步码分多址信号的组合确定上行消息的解调器；

多信道收发信机阵列分别与解调器、空间处理器及调制器连接，空间处理器分别与调制器及解调器连接，解调器及调制器分别与所述的控制与接口单元连接。

本发明的具有智能天线的时分双工同步码分多址无线通信系统，实现 1 个以上终端之间消息数据通信的方法包括发射和接收，其特征在于：

所述的接收是在第一时隙接收来自一个以上终端的多信道上行同步码分多址信号组合，由此多信道上行同步码分多址信号组合确定与各终端相关的空间特性估值；基于空间特性估值，计算上行和下行波束赋形矩阵；解调来自 1 个以上终端的多信道上行同步码分多址信号组合的上行消息，并使用相应上行波束赋形矩阵确定上行消息的估值；和调制多信道下行同

步码分多址信号向一个以上的终端发送消息；

所述的发射是在时分双工方式下，在第二时隙向 1 个以上的终端发射多信道下行同步码分多址信号至终端。

所述的调制器包括 1 至 P 个与远区终端数目对应的扩频器，分别与 1 至 P 个扩频器输出连接的 1-P 个下行波束赋形器，与 1 至 P 个下行波束赋形器连接的数字合路器，和与 1 至 P 个扩频器连接的 PN 码发生器，对 1 至 P 个扩频器用 PN 码序列扩频；1 至 P 个扩频器输入接所述控制与接口单元的输出，所述空间处理器获得的 1 至 P 个下行波束赋形矩阵分别在 1 至 P 个下行波束赋形器中对 1 至 P 个扩频器输出的码片序列加重，数字合路器对 1 至 P 个波束赋形后的序列合路产生多路下行同步码分多址信号送至多信道收发信机阵列的发射机。

所述的解调器包括 1 至 P 个解扩器，分别与 1 至 P 个解扩器输出连接的 1 至 P 个上行波束赋形器，分别与 1 至 P 个上行波束赋形器输出连接的 1 至 P 个检测器和与 1 至 P 个解扩器连接的 PN 码发生器，用 PN 码序列对每个终端的多路上行同步码分多址信号进行解扩；1 至 P 个解扩器的输入接多信道收发信机阵列的接收机，所述空间处理器的 1 至 P 个上行波束赋形器获得 1 至 P 个上行波束赋形矩阵，用相应的上行波束赋形矩阵对 1 至 P 个解扩器输出的各个终端的多信道符号序列合并，1 至 P 个检测器分别对 1 至 P 个波束赋形后的加强信号进行检测，检测出的各终端的消息数据送所述的控制与接口单元。

所述的空间处理器包括对 1 至 P 个终端的空间特性进行估值的空间特性估值器，对 1 至 P 个终端上行功率及定时偏差信号参数进行估值的参数估值器，与参数估值输出连接、用于计算下行波束赋形矩阵的发射波束赋形控制器，和与空间特性估值器输出连接、用于计算上行波束赋形矩阵的接收波束赋形控制器；空间特性估值器输入接所述解调器的各终端多信道符号序列，参数估值器输入接所述多信道收发信机阵列的接收机，发射波束赋形控制器输出接所述的调制器，接收波束赋形控制器输出接所述的解调器，空间特性估值器与参数估值器连接互送中间计算结果及交换参数。

所述的空间处理器，调制器和解调器由一个或一个以上的数字信号处理器及相应的存储器构成，执行各种上行和下行基带信号处理。

本发明的一只或多只基带处理器，可以由一只或多只数字信号处理器 (DSP) 以及相应的存储器组成，执行各种上行及下行基带信号处理功能。一只或多只基带处理器均连接到多信道收发信机阵列，处理来自多信道收发信机阵列及存储器中的码和数据，完成空间处理器、解扩器、调制器、

解调器、无线信令等通信功能。

基带处理器中的空间处理器与多信道收发信机阵列相连接，用于从上行多信道同步码分多址（S-CDMA）信号组合中确定各个终端的空间特性的估值，空间处理器根据此估值计算上行与下行波束赋形矩阵。

基带处理器中与多信道收发信机阵列及空间处理器相连接的解调器用于从上行多信道 S-CDMA 信号组合中确定来自各个终端的上行消息，与多信道收发信机阵列相连接的调制器产生向终端发射消息的下行多信道 S-CDMA 信号。

根据 CDMA 接入方式，每个终端有一个唯一的 PN 码序列。为获得对每个终端的空间特性估值，本系统的基带处理器还采用了解扩器对上行多路 S-CDMA 信号组合进行解扩，该解扩器使用与相应终端相同的 PN 码序列来对上行多信道 S-CDMA 信号组合解扩，得到一组多信道符号序列。进一步用此具有最大信号能量的确认的符号序列对多信道符号序列归一化，得到归一化的多信道符号序列。该归一化的多信道符号序列的平均值被计算为空间特性估值。

本发明除了用最大能量和归一化来确认多信道符号序列外，还用空间处理器形成一个多信道符号序列的数据协方差矩阵，并确认此数据协方差矩阵的主本征矢量为空间特性估值。

本发明为提供功率控制和同步所需的参数，由空间处理器在需要时提供到达方向（DOA）估值，该 DOA 估值及反映终端与基站间距离的时延的估值可用于实现软切换和用户终端定位。

本发明是一个可增加无线通信容量和质量的 TDD 天线阵 S-CDMA 系统，同时使用空间和码分集，达到多个远区终端与一个基站间的高性能通信，且不影响系统的灵活性和增加系统的复杂性。时分双工方式与 S-CDMA 信号内在的抗干扰能力的结合允许使用简单方便的波束赋形来实现空间分集，而不需要指定零点。基站接收天线阵列的测量结果，可用于对空间特性、定时偏差、发射功率以及其他与多个 S-CDMA 终端相关的传播参数进行估值。这些信息还将用来实现系统同步、下行波束赋形以及切换管理等。其实现过程只需很少的计算量，因而允许将本发明的系统应用于快速变化的环境中，此外，本发明还具备大的容量和功率效率，强的抗干扰和衰落能力，简单的功率控制及便于切换等优点。

下面结合实施例及附图进一步说明本发明的技术

图 1、现有的分扇区天线阵系统结构示意图

图 2、现有的 SDMA 无线系统结构示意图

图 3、本发明 SA-CDMA 无线通信系统结构示意图  
图 4、本发明 SA-CDMA 系统如何克服现有技术困难的示意图  
图 5、本发明基带处理器原理框图  
图 6、本发明的一种 SA-CDMA 系统实施例原理框图  
图 7、本发明的空间处理器实施例原理框图  
图 8、本发明的调制器实施例原理框图  
图 9、本发明的解调器实施例原理框图  
图 10、本发明的 SA-CDMA 系统中，上行、下行帧工作流程框图  
图 11、本发明的 SA-CDMA 系统中，空间特性的估值过程工作流程框图  
图 12、本发明的 SA-CDMA 系统中，空间特性的另一种估值过程工作流程框图

参见图 1，图中示出一种使用分扇区天线的无线系统结构并说明了它的局限性。该无线通信系统含有多个终端 10、12、14……和一个具有多信道收发信机阵列 40 和基带处理器（图中未示出）的基站，用户通过终端实现无线通信。来自不同终端的信号 S1、S1'、S2 和 S3 通过相应扇区中的不同路径 20、22、24 及 26 到达基站，多信道收发信机阵列 40 设定指向多扇区内的覆盖区域，在每个扇区内定向发射、接收可降低功耗、提高抗干扰能力并增加容量。从原则上说，通信性能的改善与所设定的扇区数目成正比，但实际情况并非如此，由于从一个终端，例如 S1 从路径 24 而 S1' 从路径 20 又从障碍物 28 反射的多径反射可能不在同一个扇区内，从物理原理上也不可能将扇区设计得很小，而且处于两个扇区交界处附近的终端 12 的性能将变差，由于同样的原因，移动终端要求切换也很困难。

参见图 2，图中示出一种 SDMA 无线系统的结构并说明了它的局限性。多个终端 10、12、14 与基站多信道收发信机阵列 40 在不同方向用同信道信号通信，当两个终端 12、14 位置接近时，实际上不可能确认所有的信号到达方向 DOA (Direction of Arriving) 并保持同信道信号 22、24 的空间区分在预先确定的水平上。此外，即使可求出所有的 DOA，也无法找到从一个相同源来的相关的多径反射。

参见图 3，图中示出本发明的具有智能天线的码分多址无线通信系统的结构。本发明是一个使用时分双工（TDD）的天线阵和同步码分多址（S-CDMA）的通信系统，供多个终端进行数据消息的通信。包括一个交换系统 54、无线基站 41 和多个无线用户终端 #1……#P。其中无线基站 41 由多信道收发信机阵列 40、基带处理器 42 和控制与接口单元 58 组成。

基带处理器 42 是本发明的核心。

多信道收发信机阵列 40 用于完成与多个终端 #1……#P 的无线通信，#1……#P 是用户使用的远区无线通信单元，大量用户通过终端用无线方式通信。每个终端要实现 CDMA 通信，必有其唯一的伪噪音（PN）信号或 PN 码，基站 41 多信道收发信机阵列 40 与终端 10、12、14 之间通信时也用了空间波束赋形，但两者的关键差别在于：由于用了 CDMA 接入方式，同信道信号（同时、同频）并不要求完全的空间区分，图中用不同的线条来表示不同码字但重叠的波束赋形，空间分集改善了码分集效果。与现有 SDMA 方式不同的是，由于 CDMA 提供了抗干扰能力，在 S-CDMA 系统中每个终端都可使用同信道信号，而且，由于 CDMA 码道之间的正交特性，空分多址（SDMA）的目的仅要求压低而不是抵消干扰以改善无线通信系统的性能。这样，对空间运算的复杂度就大大降低。

参见图 5，图中示出基带处理器 42 的结构，包括一个或一个以上的数字信号处理器（DSP）44、46、……48 及相关的一个或一个以上的存储器 62、64、……66。存储器 62、64……66 分别存储相关 DSP 为完成基带功能所需执行的码及数据，即 DSP44、46、48 执行存储器 62、64、66 中的程序码，完成所有基带功能。系统的运行管理则由一个级连微计算机 68 实现，不同任务可用级连 DSP 实现或用任务分担的方式。

实施时，基带处理器 42 可由一个 DSP 及一个存储器组成，也可由多个 DSP 及多个存储器构成，如图 5 中所示。可用一个或多个通用 CPU、一个或多个可编程的微控制器、分立逻辑器件及其组合实现。

参见图 6，示出一种 SA-CDMA 系统结构及其基带处理器 42 的功能部件框。基带处理器 42 包括空间处理器 60、调制器 52 和解调器 50。也配有 PN 码序列，使每个终端均能与基站通信。

基带处理器 42 通过控制与接口单元 58 与交换系统 54 相连接，该交换系统还连接至其他基站以及与之通信的其他终端。交换系统 54 可以是移动通信系统中的移动交换设备，或公众电话网（PSTN）中的交换机或其他有线、无线网路。本系统通过控制与接口单元 58 使终端 #1……#P 能与其他基站中的终端用无线通信方式通信，或与有线网中的用户通信。

多信道收发信机阵列 40 由多个天线和多个收发信机构成，用于接收来自终端的多信道上行 S-CDMA 信号组合并向终端发射多信道下行 S-CDMA 信号。多信道收发信机阵列 40 用时分双工方式工作，即在第 1 时隙接收终端发出的多信道上行 S-CDMA 信号组合，在第 2 时隙向终端发射多信道下行 S-CDMA 信号。该多信道收发信机阵列 40 采用多个现有

的相干收发信机实现射频（RF）向基带的转换。

基带处理器 42 与多信道收发信机阵列 40 相连接，完成所有的基带运算，如空间参数的估值、上行及下行波束赋形、CDMA 调制和解调等。解调后的消息通过控制与接口单元 58 传至交换系统 54，完成通信全过程。

参见图 4，图示说明了本发明的技术是如何成功地克服了现有技术的困难。与图 1 所示技术相比，根据本发明的 SA-CDMA 方式，系统中每个远区终端 10、12、14 都被指定一个正交码，因此每个信号本身就具有抗干扰能力。与 SDMA 相同，在多信道收发信机阵列 40 与空间处理器 60 和解调器 50 连接，向它们提供输出（空间处理器 60 最好与解调器 50 连接在一起），多信道收发信机阵列从调制器 52 得到输入。空间处理器 60 向调制器 52 提供输出。解调器 50 向控制与接口单元 58 提供输出并进入交换系统 54。同样，来自交换系统的信号通过控制与接口单元 58 而进入调制器 52。

图 5 所示的 DSP 及相应的存储器完成了各种基带功能，因此，空间处理器 60、调制器 52 及解调器 50 是由一个或多个编程的 DSP 组成，但一个或多个空间处理器、解调器及调制器也可用其他方式实现，如编程的 CPU 或微处理器、分离逻辑器件等。

在上行时隙，多信道收发信机阵列 40 处于接收状态，将组合在一起的上行信号转换到基带，所形成的多信道上行 S-CDMA 信号 70 送到空间处理器 60 及解调器 50。空间处理器 60 对空间特性估值（空间特性估值说明了终端与多信道收发信机阵列间的转换特性）、确定各个终端的上行功率、定时偏差等参数及计算上行、下行波束赋形矩阵或矢量（本发明的矩阵包含矩阵和矢量的意义，且矩阵和矢量交换使用）。

连接在一起的解调器 50、调制器 52 及空间处理器 60，实现基带波束赋形及 S-CDMA 调制和解调。其中解调器 50 对来自每个终端的信号作有机的组合，用空间处理器 60 提供的上行波束赋形矩阵及其他信息来恢复此上行信息。实施时，空间处理器及调制/解调器可用批处理模式实现（多信道收发信机阵列收集完一个上行时隙的全部数据 70 后才处理），也可用自适应算法，在解调器与空间处理器间连续地交换信息 74。经解调器 50 解调出的上行消息 80 根据使用要求送控制与接口单元 58。

上行时隙完成后，多信道收发信机转至发射模式，送往终端的消息 82 从控制与接口单元 58 的同一信道获得。空间处理器 60 以上行时隙中所获得的空间特性估值为依据计算出下行波束赋形矩阵 78 并送往调制器 52。调制器 52 对所有下行消息 82 进行调制，产生混合的多信道下行

S-CDMA 信号 72 送多信道收发信机阵列 40 发射。实施时，可由调制器对每个信号作编码调制，然后进行下行波束赋形和数字合路，最后对混合数字信号作脉冲成形和数-模变换；也可用快速哈达马德（Hadamard）变换一步完成编码调制、波束赋形和数字合路，并提供所需正交沃尔什码（Walsh）。在后一种方法中，模数变换对每个终端信号分别进行，要形成混合的信号必须用模拟合路的方式。

参见图 7，为空间处理器 60 较为详细的内部原理框图，空间处理器 60 控制上行、下行波束赋形工作，其接收输入 76 来自多信道收发信机阵列的接收机，图中 74 是来自解调器 50 中解扩器对每个终端解扩后的多信道符号序列。空间处理器 60 包括一个空间特性估值器 90，一个级连的参数估值器 92、一个接收波束赋形控制器 96 和一个发射波束赋形控制器 94。接收与发射波束赋形控制器 96、94 均直接连接至解调器 50 和调制器 52。

空间特性估值器 90 用于对空间特性进行估值，例如一个给定终端的空间特性是被计算为与此终端相关的、多信道符号序列的数据协方差矩阵的主本征矢量；又例如，从多信道符号序列确认具有最大能量的符号序列，然后再用该确认的符号序列对多信道符号序列进行归一化处理，所获得的归一化的多用户符号序列的平均值就被计算为此空间特性估值。

级连的参数估值器 92，对终端的上行功率及定时偏差等信号参数进行估值，必要时还可提供 DOA 估值，用于用户定位和切换，因此参数估值器 92 是对信号参数估值而不是对空间特性估值。

接收、发射波束赋形控制器 96、94 用于计算上行、下行波束赋形矩阵，与空间特性估值器连接在一起，实现空间波束赋形。

实施时，当取样速率比码片速率高得多时，可用众所周知的相关器，从接收到的输出对定时偏差估值，此外，还可用子空间定时估值算法来高精度地确定定时偏差估值。

上行功率和 DOA 估值基于空间特性估值获得，例如可将与给定终端相关的多信道符号序列的数据协方差矩阵的主本征值计算为上行功率，DOA 由对各自的空间特性进行波束赋形来确定；也可将与给定终端相关的波束赋形符号序列的四次方的平均值计算为上行功率，和直接将高精度的 DOA 的估值算法用在多信道符号序列的协方差矩阵中，此时，自适应的功率和 DOA 的估值可用于跟踪这些参数的变化，DOA 及相应的定时偏差的估值提供了终端定位的距离与方向的信息，可用于不同小区间，有利于切换。

由此，空间处理器 60 完成了对每个终端的空间特性的估值，组成了对

每个终端的上行及下行波束赋形矩阵或矢量，并获得每个终端上行功率和定时偏差等信号参数的估值。

参见图 8，为调制器 52 内部的较为详细的原理框图，包括与终端#1 ..... #P 数目对应的扩频器 150、152，与#1 至#P 个扩频器连接的 PN 码发生器 102，和与#1 至#P 个下行波束赋形器连接的数字合路器 158。

调制器 52 中扩频器的数目取决于能够与基站通信的终端的数量。来自控制与接口单元 58、送终端#1 至#P 的相应信号 S1 (K) 至 SP (K) (82)，由各扩频器用 PN 码序列扩频，得到码片序列 160、162，并在各下行波束赋形器中用来自空间处理器的各下行波束赋形矩阵  $W_1^t$  至  $W_p^t$  对所得到的码片序列 160、162 加重，最后由数字合路器 158 对波束赋形后的序列合路并产生多路下行 S-CDMA 信号 72，送多信道收发信机阵列 40 的各发射机。

实施时，数字合路器 158 可用多种方法完成其功能，其中包括本申请人另案申请的发明专利。天线阵列 CDMA 通信系统中快速调制的方法和装置。

参见图 9，为解调器 50 内部的较为详细的原理框图。其配置与调制器 52 恰好相反，包括与终端#1 至#P 数目对应的解扩器 98、100，与#1 至#P 个解扩器数目对应的上行波束赋形器 104、106，和与#1 至#P 个上行波束赋形器数目对应的检测器 108、110。解扩器与多信道收发信机阵列 40 的接收机连接，用 PN 码发生器 102 (图 8) 所提供的 PN 码序列对每个终端的多路上行 S-CDMA 信号 70 进行解扩，解扩器的输出 122、124 是各个终端的多信道符号序列。各上行波束赋形器 104、106 对多信道符号序列 122、124 用来自空间处理器 60 的相应上行波束赋形矩阵  $W_1^r$  至  $W_p^r$  合并，获得加强的信号 126、128。最后，各波束赋形器的输出 126、128 通过相应检测器 108、110，用传统方法检测出来自终端的消息数据 S1 (K) ..... SP (K)，至控制与接口单元 58。

以上说明的调制与解调方法是在假设理想的多信道收发信机且无硬件不平衡的条件下进行的，但实际上，硬件不可避免地存在不理想问题，因此通信系统必须作校准，即在进行空间特性估值之前，对接收电路作补偿，和在发射多信道下行 S-CDMA 信号前对发射电路作补偿。

图 10 至图 12 说明了本发明 SA-CDMA 系统的运行情况。在目前实际的 TDD 通信中，基站在上行时隙内接收来自远区终端的上行信号，经解调后根据具体要求改变消息并返回该终端或传至网路，下行时隙紧跟上行时隙，基站将消息发至终端。本发明使用同样的双工模式。

参见图 10，为本发明系统的工作流程，从接收一个上行帧开始。多信道收发信机阵列 40 的输出首先要用接收电路校准矩阵或矢量进行补偿；在考虑了接收硬件的不平衡问题后，上行 S-CDMA 信号组合被解扩并生成对不同终端的多路符号序列，解扩是用每个终端的 PN 码序列进行的；解扩后的信号被用来进行空间特性估值，空间特性估值用来确定每个终端与基站之间发射通路的变换函数或变换特征（在上行时隙，下行波束赋形矩阵已形成，故可用到下行时隙）；每个终端的下行波束赋形矩阵是根据每个相应终端的空间特性估值来构成的，本例中剩下的接收工作，如上行波束赋形，解调及参数估值等均不必在上行时隙内完成。

上行完成，送至远区终端的消息数据按常规 S-CDMA 系统一样首先进行调制，然后用下行波束赋形矩阵计算进行下行波束赋形，为完成基带发信处理，所有波束赋形后的信号均合路，补偿发射机硬件的不平衡，所得到的信号送至多信道发射机向终端发射。上述过程重复进行。

下面结合一个有 M 个天线连接 M 个相干收发信机的基站，进一步说明本系统的运行情况。

在上行时隙，基站收发信机处于接收模式，从 P 个终端发出的组合信号被变换下来并被一个接收机阵列采样。为便于说明，设终端共发射出 K 个符号，每个符号被预先设定的 PN 码序列扩频成 L 个码片。令  $y_m(k,n)$  为第 m 个接收机所得到的第 k 个符号的第 n 次采样，则

$$y_m(k,n) = \sum_{i=1}^P a_{i,m} s_i(k) p_i(k,n) + e_m(k,n)$$

其中， $s_i(k)$  为来自第 i 个终端的第 k 个符号： $p_i(k,n)$   $n = 1 \dots L$  为第 k 个符号的扩频 PN 码： $a_{i,m}$  为第 m 只天线对来自第 i 个终端的信号的复反映： $e_m(k,n)$  表示总的干扰。 $a_{i,m}$  来自所有天线，即

$$a_i = [a_{i,1} \ \cdots \ a_{i,M}]^T$$

组成一个空间特性，它表示第 i 个终端和基站天线阵的空间特性。在实际应用时，传播信道具有频率选择性，并有长时延的多径，此空间特性就变为一个矩阵而不是一个矢量以描述信道的记忆效应。

解调器的任务是恢复来自使用其相关 PN 码序列及空间特性的终端的承载消息数据，即  $s_i(k)$ 。为此，必须确定终端的空间特性，并由此来计算上行和下行波束赋形矩阵（在此为矢量）以实现空间波束赋形。

参见图 11，为本发明估值的工作流程，对每个终端，解调总是首先对  $y_m(k,n), m = 1, \dots, M$  进行。若  $s_i(k)$  是感兴趣的信号（SOI），此解扩可用数字表示为

$$x_m^i(k) = \sum_{n=1}^L y_m(k,n) p_i(k,n), m = 1, \dots, M$$

将来自所有天线的  $x_m^i(k)$  写为矢量形式

$$x_m^i(k) = [x_1^i(k) \ \dots \ x_M^i(k)]^T$$

T 表示转移。解扩时，每个符号序列的信号功率计算为

$$\sum_k |x_m^i(k)|^2, m = 1, \dots, M$$

此空间特性估值能够由以下的归一化多信道符号序列取单元平均值来获得。

$$x^i(k) / (x_m^i(k)) = ([x_1^i(k) \ \dots \ x_M^i(k)]^T / (x_m^i(k))), k = 1, \dots, K$$

式中，m 为具有最大能量的符号序列的指数。

参见图 12，为本发明估值的另一种工作流程。由给定的第 i 个终端的多信道符号序列可形成一个数据协方差矩阵

$$R_x^i = \sum_{k=1}^N x^i(k) x^{iH}(k)$$

第 i 个终端的空间特性，

$$a_i = [a_{i1} \ \dots \ a_{iM}]^T$$

就可以被确定为上述协方差矩阵的主本征矢量。用众所周知的数学方法，如本征值分解法 (EVD) 或奇异值分解法 (SVD)，不必作复杂的数学运算就可精确确定终端的空间特性。

空间特性估值获得后，空间处理器中的接收波束赋形控制器 94、96 (图 7)，立即组成上行波束赋形矩阵或矢量

$$W_i^r = [W_i^r(1) \ \dots \ W_i^r(M)]^T, i = 1, \dots, P$$

此矩阵或矢量被用来合成多信道符号序列中所有的符号序列，以形成每个终端的波束赋形的符号序列如下

$$s_i(k) = \sum_{m=1}^M W_i^r(m) x_m^i(k) \quad i = 1, \dots, P$$

由于解扩和上行波束赋形， $s_i(k)$  的信干比 (SIR) 大大增加。这样，无线通信的容量和质量也成正比地增加。此增强的信号然后送至解调器 50 中的信号检测器 108、110 (图 9) 以用已知的方法进行检测。

在一种实例中，至少一部分终端的上行波束赋形估值与其空间特性估值一样。在另一种实例中，由于考虑到噪声特性以及其他空间参数，故可

以组成具有最大信号对干扰加噪声之比 (SINR) 的上行波束赋形矢量，以得到较好的结果。在此例中，上行波束赋形矢量是用于降低终端的误码率 (BER)。同样，基于空间特性估值、发射波束赋形矢量由图 7 中空间处理器 60 的发射波束赋形控制器 94 构成。同样，在第一个例子中，至少有一部分终端，其下行波束赋形矢量与其相应的空间特性估值相同。也可以用不同要求，如最大 SINR 及最小 BER 等，来设计下行波束赋形矢量，以获得较好的性能。

在接收以后，多信道收发信机将设置为发射模式。如现有的 S-CDMA 系统，发向远区终端符号序列用脉码调制，在送至发射机前，还要进行波束赋形及合路。上述功能可用数字方式实现。准备由第 m 个发射机发射的第 n 个信号序列可以用数字表达式表示为

$$y_m(k,n) = \sum_{i=1}^P W_i^t i(m) s_i(k) p_i(k,n)$$

(为简化说明，采用与接收情况下同样的符号标注)  $s_i(k)$  用已知 PN 码序列  $p_i(k,n)$  扩频； $W_i^t(m)$  为第 i 个终端的第 m 个下行波束赋形系数 (必须说明，虽然在上面表达式中用了与上行相同的 PN 码，但它并不构成对本发明的限制)。将  $y_m(k,n), m = 1, \dots, M$  送至发射机阵列，每个消息就通过由下行波束赋形矢量，

$$W_i^t = [W_i^t(1), \dots, W_i^t(M)],$$

确定的不同空间信道发射出去。每个消息也用不同码序列表示，以相互区别。这样，具有码和空间选择性的发射就完成了。

上述过程是本发明中，用批处理模式的 SA-CDMA 方式。在另一个例子中，空间特性估值、波束赋形矢量的构成以及上行和下行波束赋形等可能用一种自适应算法实现，例如用自适应子空间跟踪及重复波束赋形等已知的技术。另外，为进一步改善性能，还可以将空间波束赋形系数由终端反馈回基站。

以上，说明了 SA-CDMA 系统中调制与解调两个基本操作，它们除了为基本发射和接收操作提供波束赋形矢量外，空间处理器 (图 6 中 60) 还为保护可靠的无线链路提供所需的信号参数。参数估值器 (图 7 中 92) 则用于确定每个终端的上行功率和定时偏差。其中功率估值用于闭环功率控制，定时偏差估值用于同步。

定时偏差估值的一个实例是用在不同时延下相关接收一个终端的 PN 码序列，并确定相关器输出的峰值的方法来对定时偏差估值，然后在下一发射时隙将该定时偏差反馈回该终端以实现同步。

与定时调整相比，功率控制需要更频繁地进行，这是由于在移动环境中信道变化可能很快。功率估值的一个实例是用多信道符号序列  $x^i(k)$  的四次方平均值作为该终端的功率估值。功率估值的另一个实例是用胁方差矩阵  $r_x^i$  的主本征值对发射功率估值，可提供更准确的结果。上行功率可被估值为波束赋形符号序列  $s_i$  的四次方平均值，若在实施时还考虑波束赋形器输出功率的噪声影响，则功率估值的精度更高。

第  $i$  个终端的胁方差矩阵  $r_x^i$  及 / 或空间特性  $a_i$  包含了其空间信息，它们可能提供如 DOA，多径反射的数目等详细的空间参数。本发明中，可使用很多已知技术，与常规方法用接收机输出的胁方差矩阵的不同之处在于，对每个终端参数估值要用两步完成。其第一步将每个终端的空间信息隔离在胁方差矩阵或空间特性估值之内，第二步才在此估值的基础上提供详细的信息。这样，在一步中，需要估值的 DOA 的总数就大大减少到只与一个终端相关，估值就会更准确，而且可以避免相关的困难问题。

此 DOA 估值与定时偏差估值一起，可以用来提供终端的准确定位信息。本发明唯一地具有提供终端方向和距离信息的能力。这些信息可以被用来进行方便的切换及其他位置信息的服务。事实上，DOA 可以由空间特性估值直接获得，故本发明在作很小改进后，可以用于现有或将来的 FDD S-CDMA 系统中。

本发明具有的基本特点和优势是：

1、本发明所提出的 SA-CDMA 系统是在无线通信领域中同时使用了空间与码的分集的一个有效的和可靠的方法，此新方法考虑到了空间信道的动态特性，并在性能提高和最小复杂性之间实现了优化；

2、TDD 双工方式允许直接用空间特性实现下行波束赋形，而不需要各自的多径参数，也就不用要求进行 DOA 估值及相关要求；

3、S-CDMA 信号的抗干扰能力和智能天线的空间选择性相互补充，大大提高了抗硬件和软件不理想的能力，放松了对功率控制的严格要求；

4、除 DOA 信息外，基站还有每个终端的距离信息，因而，允许实现“接力”切换和用户定位。

# 说 明 书 附 图

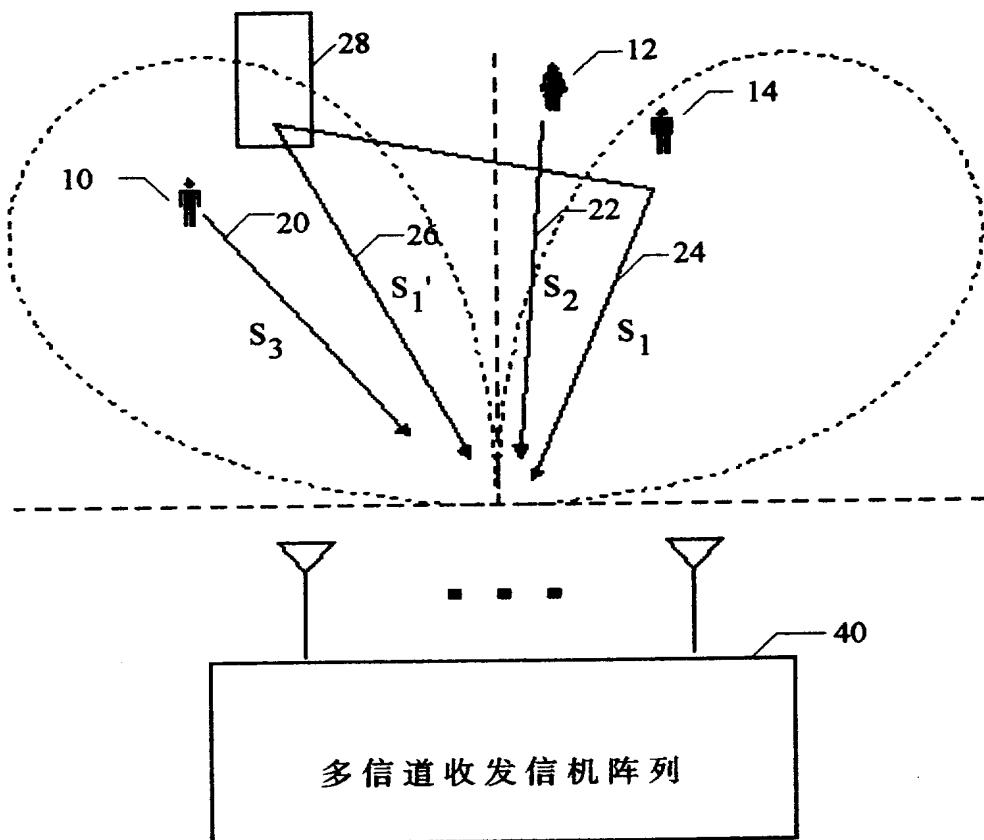


图 1

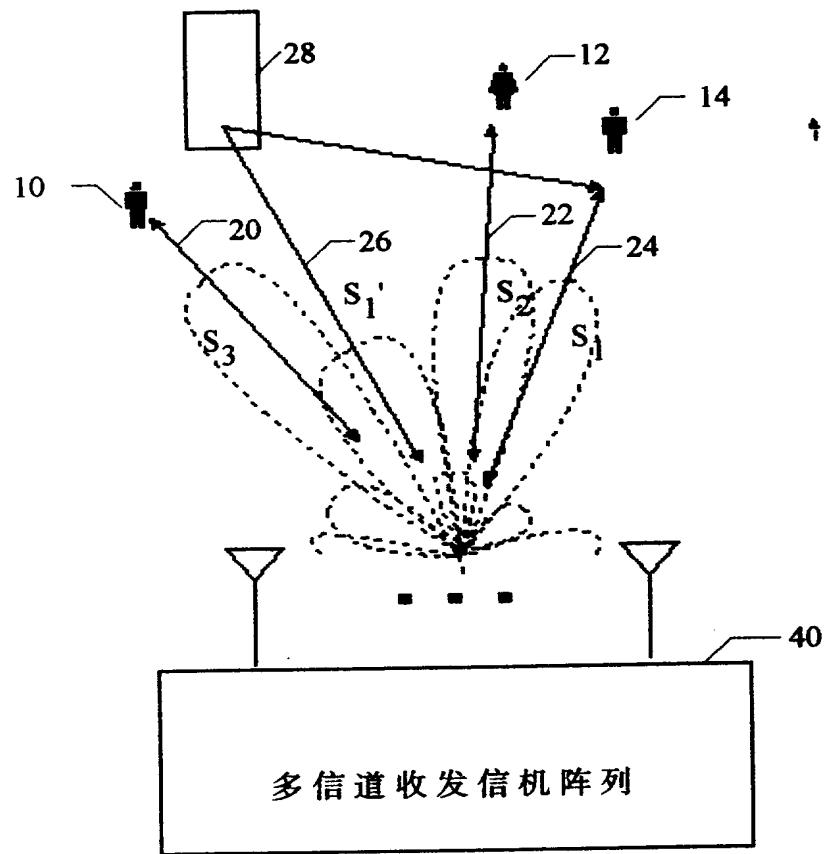


图 2

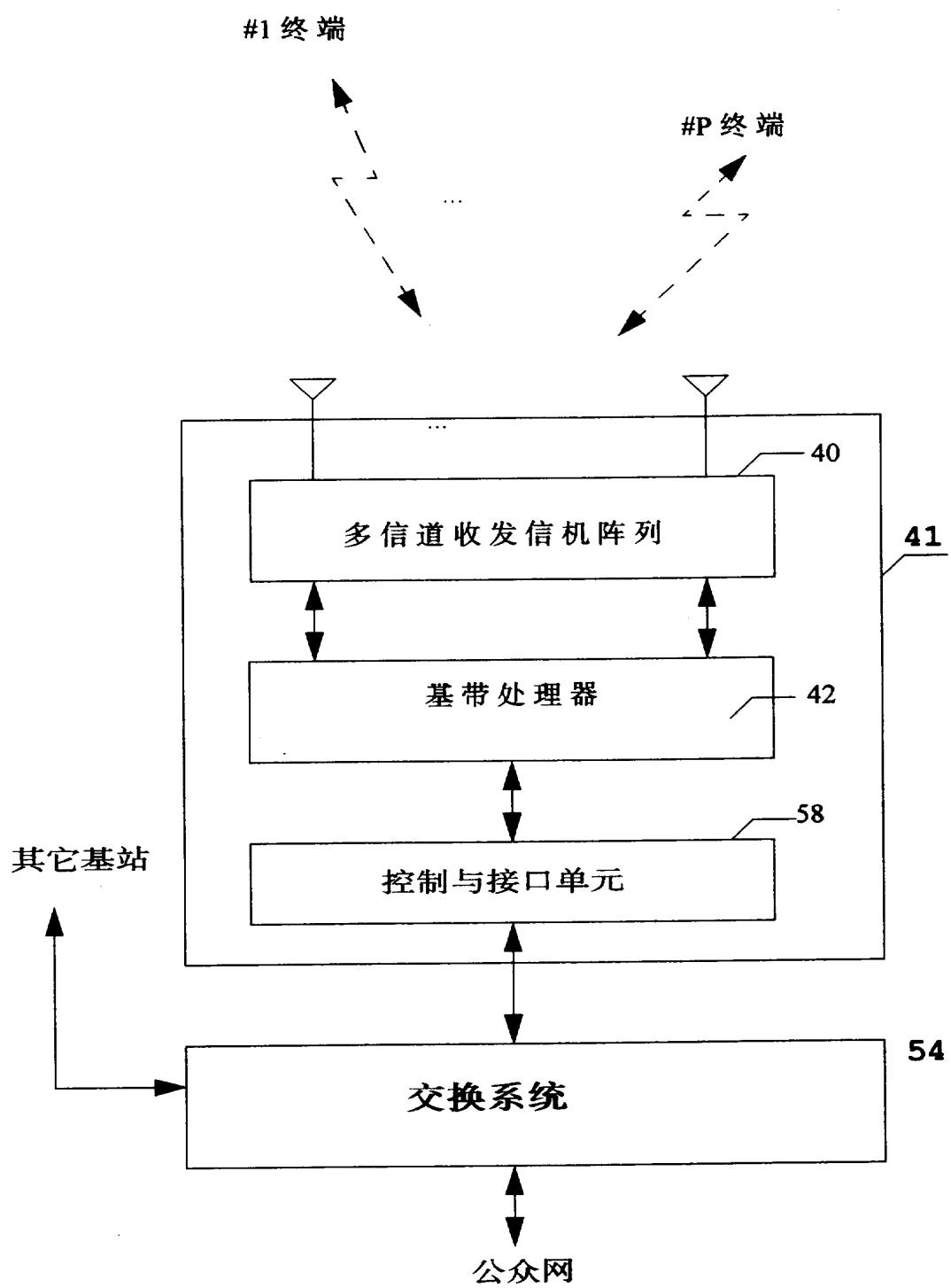


图 3

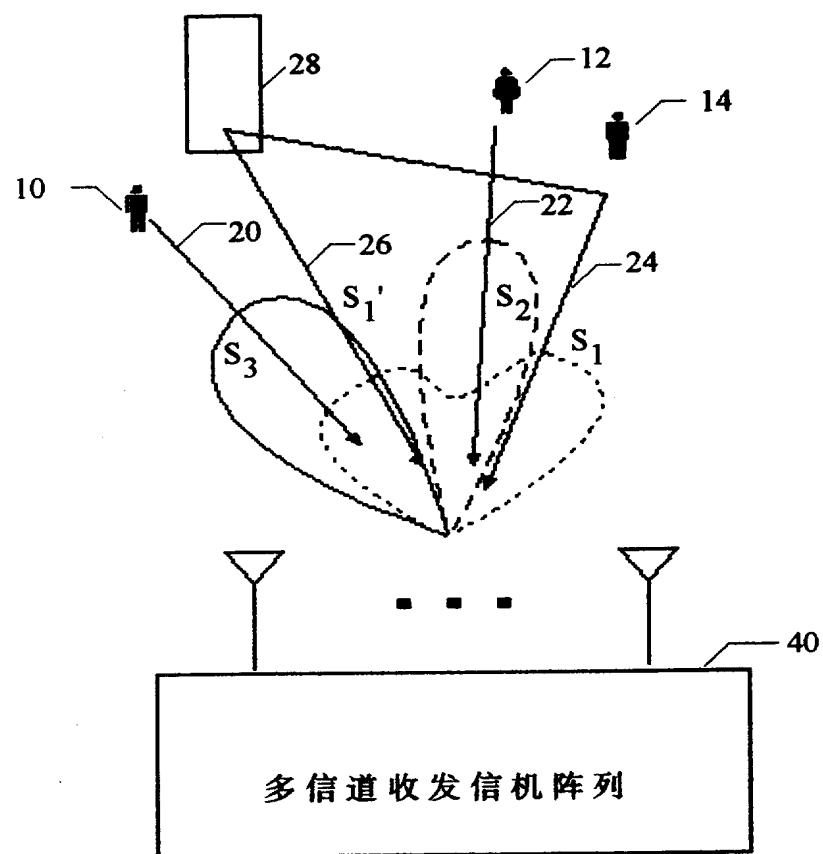


图 4

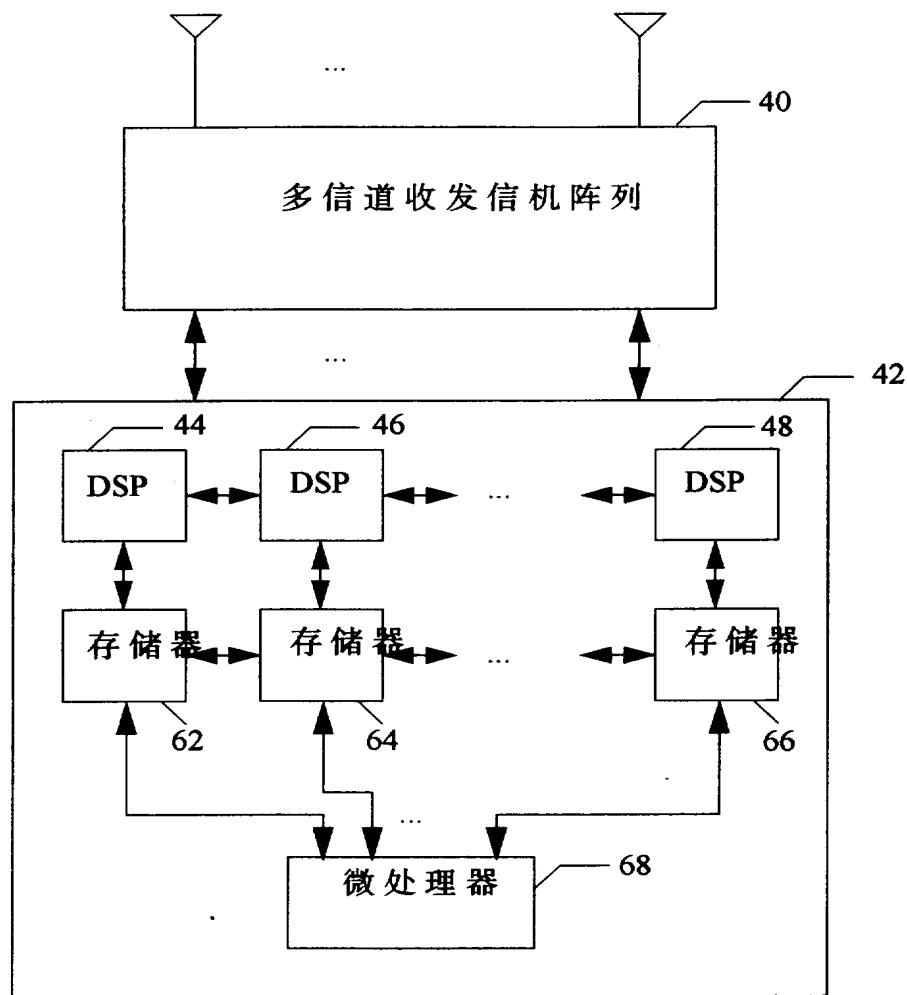


图 5

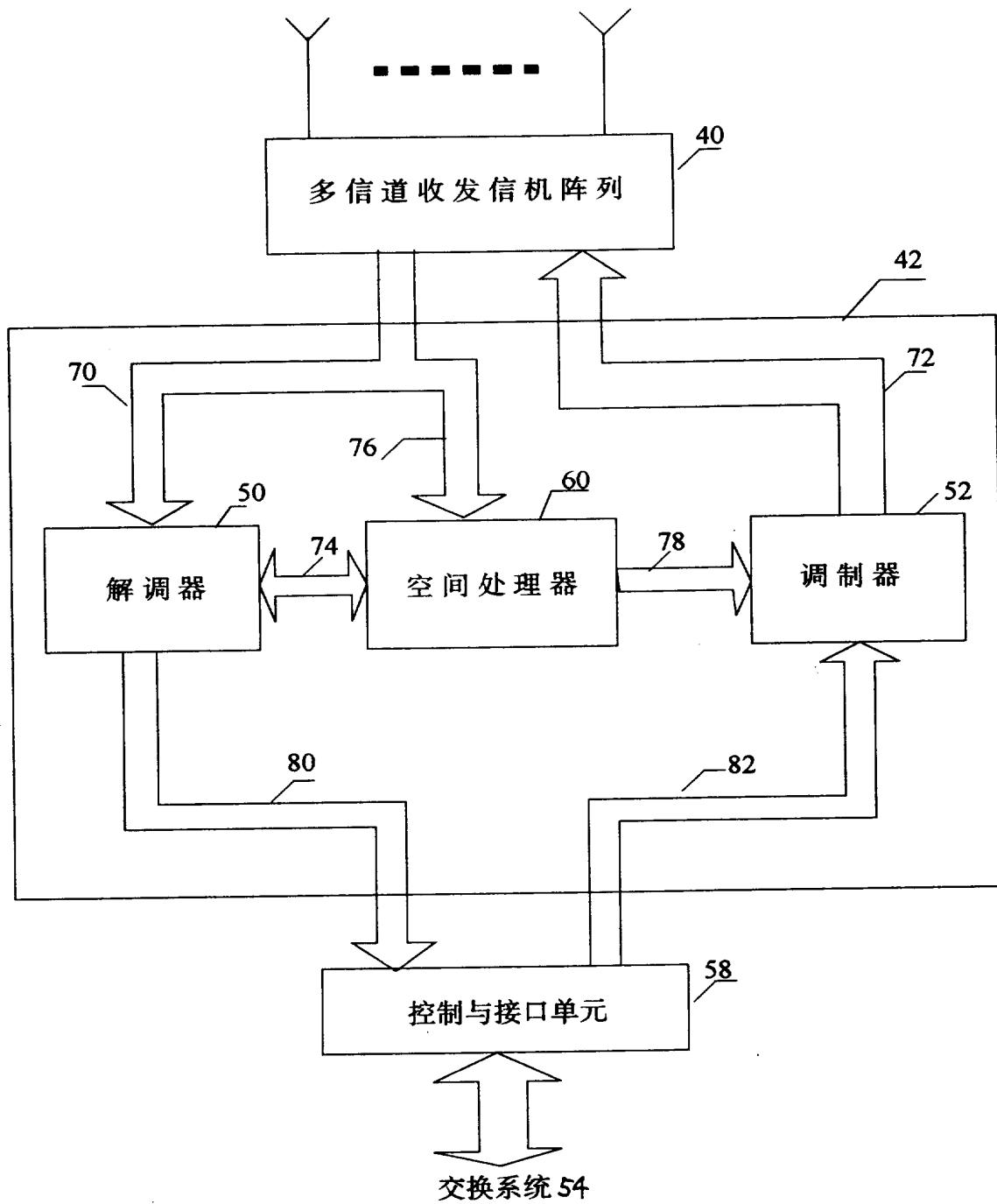


图 6

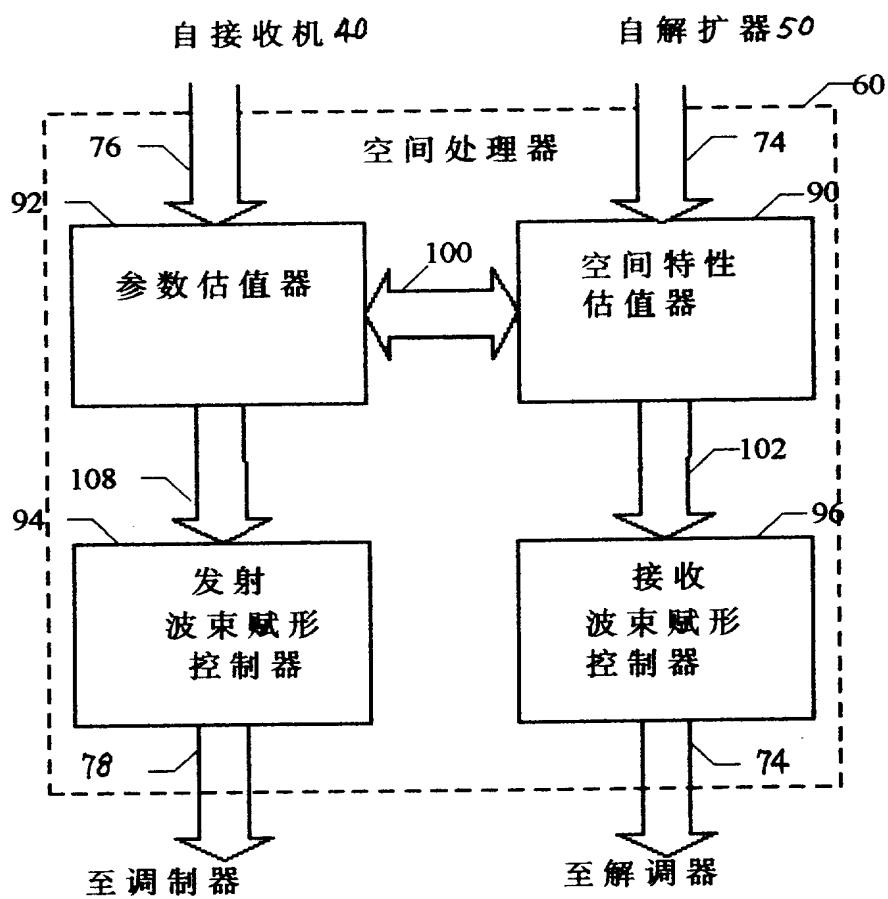


图 7

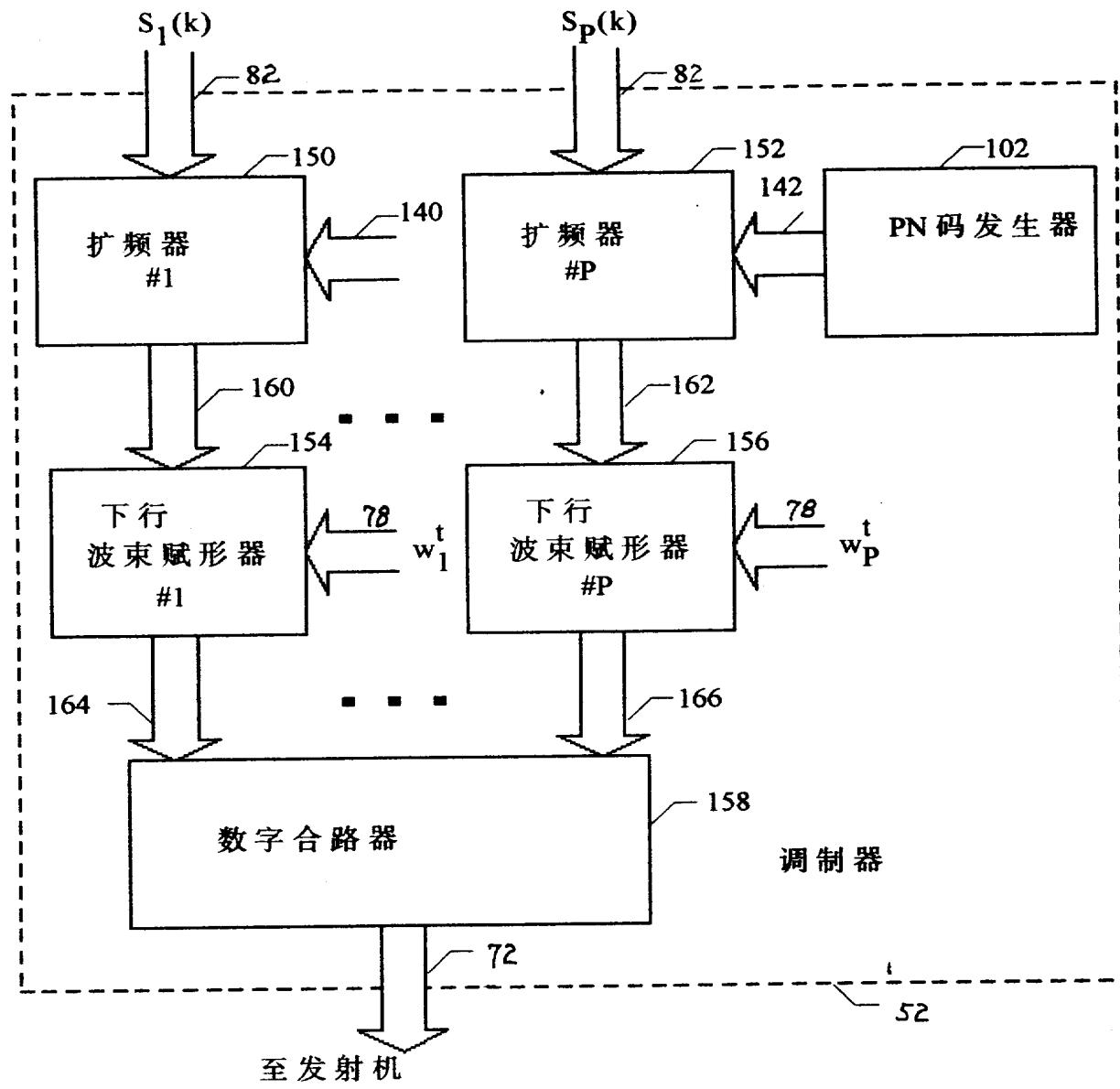


图 8

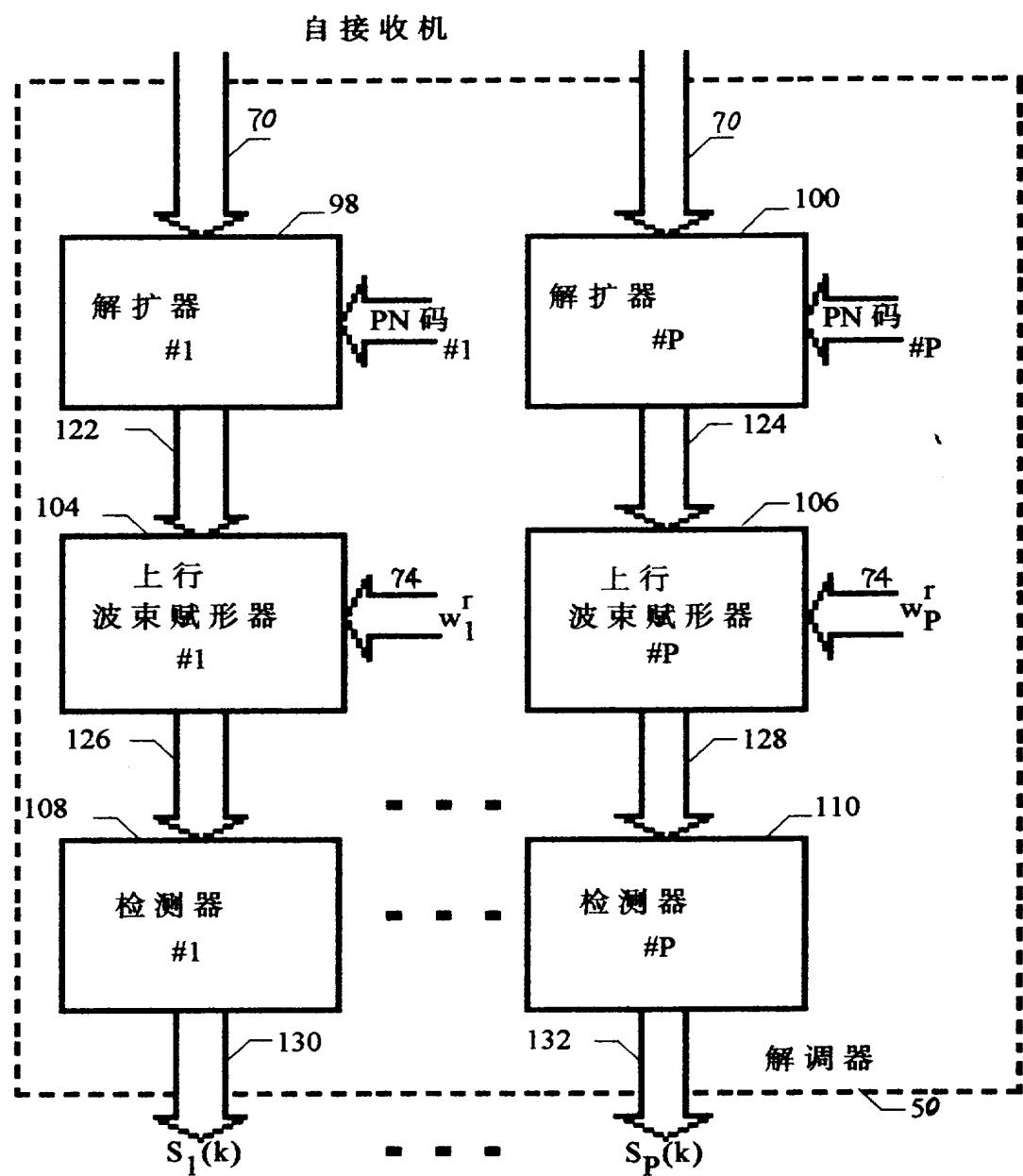


图 9

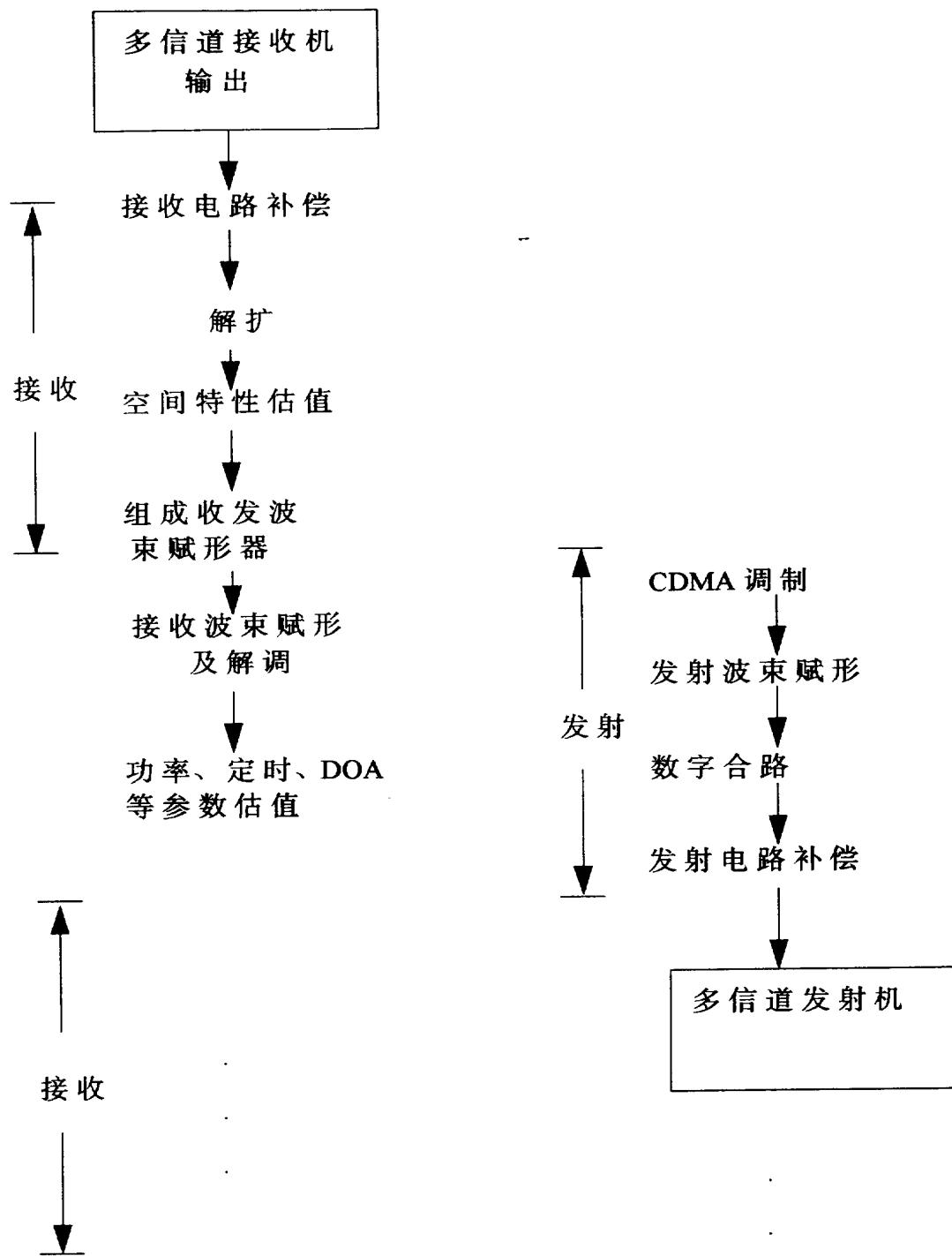


图 10

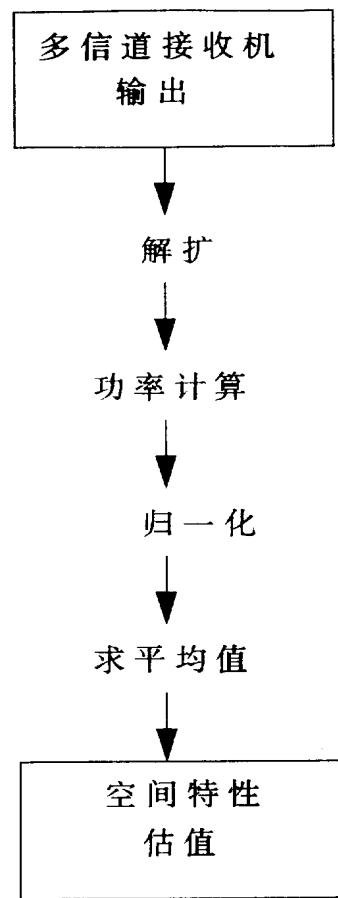


图 11

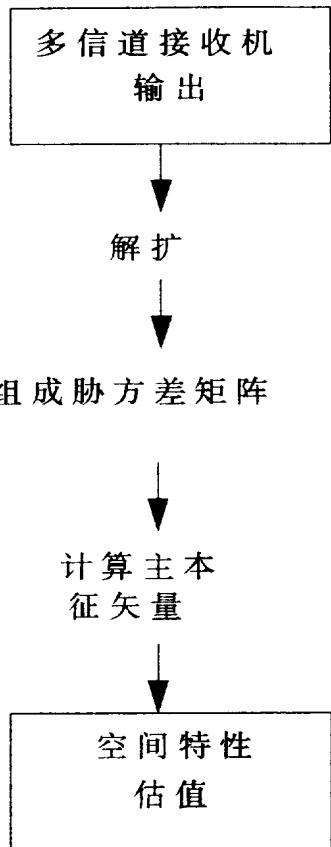


图 12